

Modelo de integración de las actividades de gestión de la guía del PMBOK, con las actividades de ingeniería, en proyectos de desarrollo de software

Model for integration of work management PMBOK guide with engineering activities in software development projects

Mauricio Rojas Contreras. M.Sc., Luis Alberto Esteban Villamizar. M.Sc. & Ailin Orjuela Duarte. M.Sc.
Grupo de Investigación en Ciencias Computacionales CICOM, Universidad de Pamplona, Colombia.
{mrojas, lesteban, aorjuela}@unipamplona.edu.co

Recibido para revisión 01 de octubre de 2010, aceptado 28 de junio de 2011, versión final 30 de junio de 2011

Resumen— En forma general, los proyectos están estructurados en actividades de tipo técnicas y de gestión. En forma específica, los proyectos de desarrollo de software en la gran mayoría de casos se han centrado en las actividades técnicas dejando a un lado las actividades de gestión del proyecto, lo cual incrementa el riesgo de no cumplir con indicadores de calidad del proyecto como son el alcance, el tiempo y los costos. En este trabajo se adaptan los fundamentos de la dirección de proyectos especificados en la guía del PMBOK® para aplicarlos a algunas metodologías de desarrollo de software. Como resultado de este trabajo se presentan esquemas para la gestión de proyectos de desarrollo de software que pueden ser usados para los proyectos de desarrollo de software dependiendo de la metodología a utilizar.

Palabras Claves— Gestión de proyectos, Metodologías, Ingeniería del software, PMBOK®.

Abstract— In general, projects are structured in technical activities and management. Specifically, the software development projects in the vast majority of cases have focused on technical activities, even leaving aside the project management activities, which increases the risk of not meeting project quality indicators such as the scope, time and costs. In this paper we adapt the fundamentals of project management specified in the PMBOK® guide to apply to some software development methodologies. As a result of this work schemes for managing software development projects that can be used for software development projects depending on the methodology used.

Keywords— Project management, Methodologies, Software engineering, PMBOK®

I. INTRODUCCIÓN

Los proyectos de desarrollo de software están compuestos de actividades que pueden ser clasificadas en dos grupos: actividades de gestión y actividades técnicas o de ingeniería del software [14][8]. Las actividades de gestión están directamente relacionadas con metodologías de dirección de proyectos utilizadas dentro del proyecto, mientras que las actividades técnicas se refieren a aquellas propias del desarrollo del producto software (obtención de requerimientos, análisis, diseño, implementación, pruebas) y que están determinadas por las metodologías de desarrollo de software.

Dentro de las metodologías para la dirección de proyectos se encuentra la guía del cuerpo de conocimiento de la gestión de proyectos (PMBOK®) [12], que puede ser aplicada a proyectos de desarrollo de software.

Por otro lado existen muchas y variadas metodologías para el desarrollo de software entre las que se pueden citar RUP[9], XP[1][15][4][10], SCRUM[4][13][10], CRYSTAL[2][3][4][10], entre otras[4][5][10]. Muchas de estas metodologías de desarrollo de software ya cuentan con actividades y prácticas de gestión de proyectos, sin embargo estas pueden ser complementadas o sustituidas por los procesos de la guía del PMBOK® [12].

Este artículo presenta un modelo que permite integrar las actividades técnicas propias del desarrollo de software, con las actividades de gestión, propuestas y organizadas de acuerdo a la guía del PMBOK® [12].

En la primera sección se describen los procesos de desarrollo de software propuestos por algunas de las metodologías típicas en el desarrollo de software y por los tradicionales modelos en cascada [11] y en espiral [11], resaltando las actividades de gestión que proponen cada una de esas metodologías.

La segunda sección describe de manera general la estructura de la guía del PMBOK® [12], interpretada como metodología de dirección de proyectos, haciendo principal énfasis en los grupos de procesos y los procesos en orden de ejecución y su relación con los procesos técnicos propios del desarrollo de software

La tercera sección contiene el modelo de integración propuesto, donde se puede observar de manera holística un proyecto de desarrollo de software que utiliza los procesos de la guía del PMBOK®, para la dirección de proyectos, junto con las actividades técnicas propias de un proceso de desarrollo de software, lo que permite generar plantillas de apoyo para la planificación, ejecución de proyectos de desarrollo de software.

Finalmente se presenta algunas conclusiones, producto del estudio realizado en este artículo y se plantean futuros trabajos que permiten llevar este modelo a mayor detalle.

II. PROCESOS DE DESARROLLO DE SOFTWARE

Un proyecto de desarrollo de software se puede representar como se observa en la figura 1:

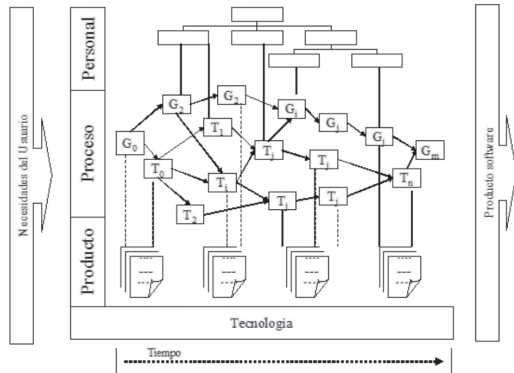


Figura 1. Componentes de un proyecto software

A partir de las necesidades (entrada) de procesamiento, automatización o tratamiento de información, se debe obtener un producto software funcional (salida). Para lograr estos se requiere organizar el proyecto en cuatros componentes básicos: Personal, Proceso, Producto y Tecnología.

El proceso está constituido de todas las actividades necesarias para lograr el objetivo, y se pueden clasificar en dos grandes grupos de tipos de actividades: Las actividades de gestión (en la figura 1 denotadas por G_i) y las actividades técnicas o de ingeniería (en la figura 1 denotadas por T_i). Dentro de las actividades de

gestión son consideradas todas aquellas que tienen que ver con la planificación, seguimiento y control del proyecto, mientras que las actividades técnicas son aquellas que tienen que ver directamente con la ingeniería del software aplicada a la obtención del producto.

El componente de personal se refiere a la organización de las personas que ejecutan cada una de las actividades tanto técnicas como de gestión. Cada persona participante en el proyecto tiene un Rol que puede ser descrito en términos de responsabilidades y autoridades.

La tecnología hace referencia al conjunto de métodos y herramientas que asisten cada una de las actividades propuestas en el proceso.

El producto se refiere a cada uno de los artefactos generados por cada una de las actividades del proceso.

Las metodologías de desarrollo de software, definen dentro de sus principios gran parte de estas cuatro componentes de un proyecto, sin embargo en este artículo se hace especial énfasis en los procesos que plantean dichas metodologías, tratando de identificar y diferenciar las actividades técnicas y de gestión, para integrar y complementar dichas actividades de gestión con los procesos propuestos por la guía del PMBOK® para la dirección de proyectos de desarrollo software.

2.1 Cascada

No necesariamente el ciclo de vida de un producto de software en Cascada [11], se considera una metodología propiamente dicha, pero lo que si es cierto es que establece un proceso para desarrollo de software. Por lo tanto son claras las actividades que se deben desarrollar en cada una de sus fases.

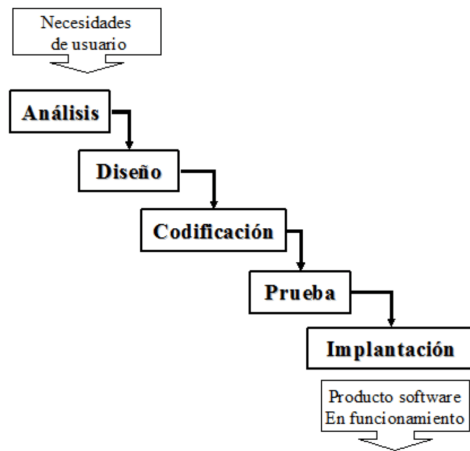


Figura 2. Modelo de Ciclo de vida en Cascada[11]

Como se observa en la figura 2, cada una de las fases tiene un nombre que deja ver el carácter técnico de las actividades que se llevan a cabo en dicha fase, sin embargo al interior de cada una de las fases están implícitas las actividades de gestión, tales como planificación, seguimiento, evaluación de resultados y productos generados en cada fase.

2.2 Espiral

Este modelo de ciclo de vida plantea el desarrollo iterativo e incremental [10] [11], que a diferencia del modelo en cascada, hace explícita las actividades de gestión.

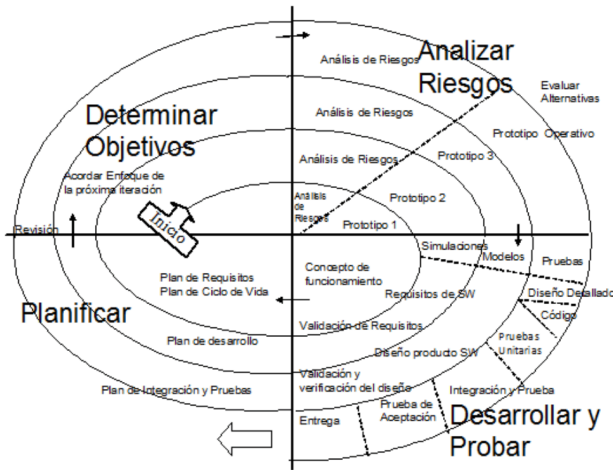


Figura 3. Modelo de ciclo de vida en Espiral[11]

Como puede observarse en la figura 3, tres de los cuatro cuadrantes en cada ciclo, corresponden a actividades de gestión: Determinar objetivos, Analizar riesgos, y Planificar el próximo ciclo.

Es de resaltar que este modelo hace énfasis en la importancia de la gestión dentro de un proyecto de desarrollo de software, y principalmente en tres aspectos de la gestión, la planificación, la gestión de riesgos y la gestión de alcance (con la determinación de objetivos).

2.3 RUP

El proceso Unificado de racional (RUP) [9], resalta la importancia de la gestión de proyectos mediante la incorporación de los flujos de soporte, principalmente el flujo de gestión de proyectos y de infraestructura.

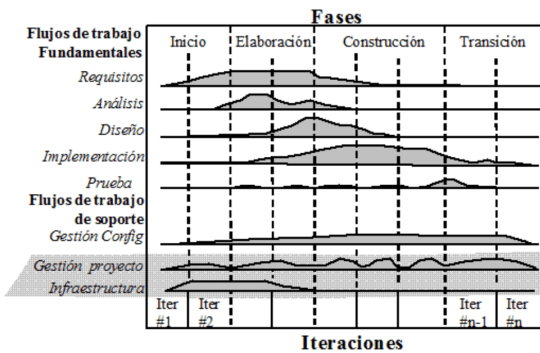


Figura 4. Proceso RUP[9]

La figura 4 muestra el proceso definido por RUP, de tal manera que un proyecto software se elabora en cuatro fases (inicio, elaboración, construcción y transición) cada fase se divide en iteraciones (preferiblemente más de una iteración por fase) y en cada iteración se ejecutan cada uno de los flujos de trabajo, tanto los técnicos (Requerimientos, análisis, diseño, implementación, pruebas, gestión de configuración), como los de gestión sombreados en la figura 4 (gestión de proyectos, infraestructura). Por lo tanto se deduce que en cada iteración existen actividades

propias de la gestión del proyecto como planificación, asignación de recursos, seguimiento, gestión de riesgos de la iteración y evaluación de resultados.

2.4 XP

La programación Extrema (XP) [1][4], es una de las metodologías ágiles[4][5][7] que promueven el desarrollo basado en la Simplicidad y la Adaptabilidad[6].

El proceso definido por XP[15] también es iterativo e incremental[10], lo que sugiere que en cada ciclo, principalmente, en los ciclos de entregas, iteración y desarrollo, se realizan actividades de gestión.



Figura 5. Proceso XP[15]

Como se muestra en la figura 5, en un proyecto XP se debe construir un plan que determina el número de entregas parciales que se le harán al cliente y cada una de dichas entregas se organiza en iteración de desarrollo, que a su vez tendrán actividades de gestión propias de cada iteración.

El proceso de XP cuenta, con un conjunto de buenas prácticas que hacen parte de sus principios metodológicos.

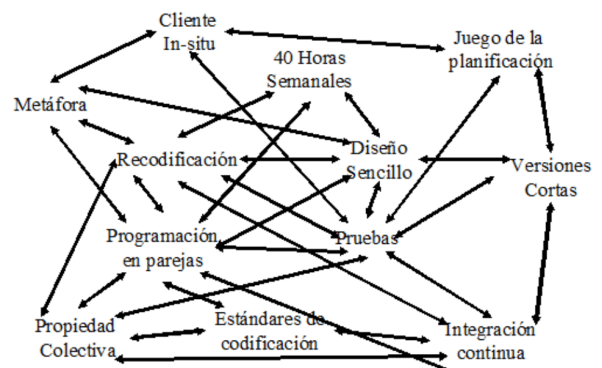


Figura 6. Prácticas de XP [15]

Como se aprecia en la figura 6, estas buenas prácticas se consideran como un sistema interrelacionado, en el cual cada componente se complementa con otros para garantizar productos adecuados a los requerimientos de usuario.

Estas practicas, también pueden ser clasificadas en prácticas de gestión y practicas de ingeniería, resaltando en este articulo las propias de la gestión como son: Trabajo de máximo 40 horas

semanales, el juego de la planificación y la rotación de personal en la programación por parejas.

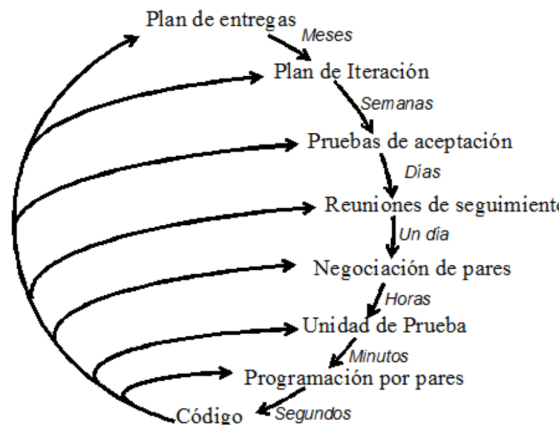


Figura 7. El Juego de Planificación en XP[15]

Dentro de las 14 practicas de XP[15], se encuentra el Juego de planificación, que como se muestra en la figura 7, esta actividad se realiza permanentemente en cada uno de los ciclos del proceso. Esto implica el desarrollo y seguimiento de planes de entregas, de iteraciones, y de pruebas.

2.5 SCRUM

SCRUM [13] es una metodología para dirección de equipos de trabajo, por lo que gran parte de las actividades que componen su proceso son actividades de gestión.

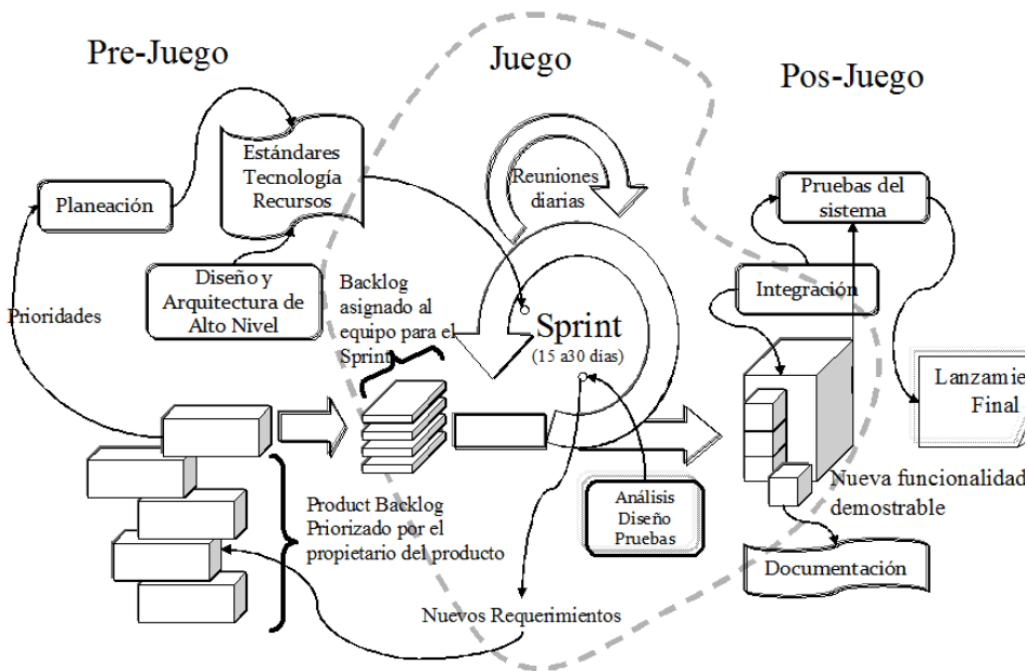


Figura 8. Proceso SCRUM

La figura 8 muestra el proceso de Scrum interpretado para proyectos de desarrollo de software. Las actividades se organizan en tres fases llamadas de pre-juego, juego y post-juego. Las actividades técnicas se encuentran principalmente en las fases de Juego y post-juego

2.6 Crystal Clear

Crystal [2][3][4] es una familia de metodologías, creadas bajo el principio de que diferentes tipos de proyectos requieren diferentes procesos de desarrollo.

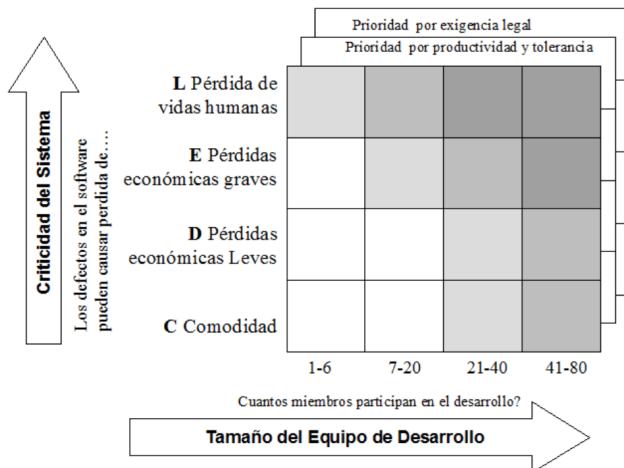


Figura 9. Clasificación de proyectos según Cockburn[16]

En la figura 9 se muestra la clasificación de proyectos según dos variables: la criticidad del software a desarrollar y el tamaño del equipo de desarrollo. Según esta clasificación se requieren diferentes procesos para abordar cada una de las gamas de tipos de proyectos. La intensidad del color diferencia las distintas metodologías Crystal, en donde se encuentra Crystal Clear[16], la metodología considerada dentro de la categoría de Ágil.

Dentro del proceso de Crystal Clear[16], se organizan las actividades de manera que un proyecto se divide en entregas, y las entregas en iteraciones, lo que hace al proceso iterativo e incremental.

Por lo tanto en cada uno de los ciclos (proyecto, entrega, iteración) se requieren actividades de gestión.

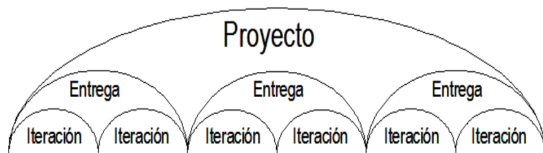


Figura 10. Proceso en Crystal[16]

Una iteración en Crystal Clear[16] puede tener dos configuraciones diferentes. Una primera forma consistiría en dividir la iteración en días de trabajo y en cada día hacer varios procesos de integración como se muestra en la figura 11.

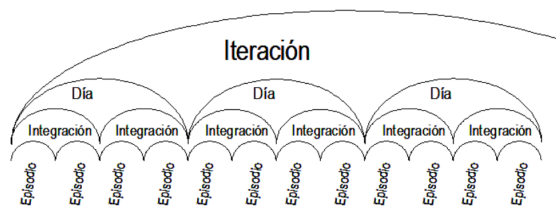


Figura 11. Primera Alternativa de estructura de Iteración en Crystal[16]

Una configuración alternativa sería dividir una iteración en varios procesos de integración y cada integración en días de trabajo, como se muestra en la figura 12.

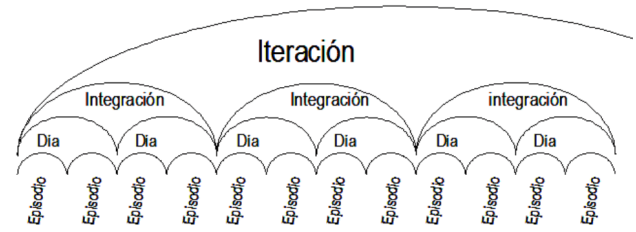


Figura 12. Segunda Alternativa de estructura de iteración en Crystal[16]

La selección de una u otra configuración depende del tipo de proyecto a desarrollar y de políticas propias del director del proyecto.

III. LA GUÍA DEL PMBOK®

La guía del PMBOK® [12] tiene doble propósito, por un lado sirve para estructurar el conocimiento comúnmente aceptado sobre la gestión de proyectos, y por otro lado sirve como metodología para la dirección de proyectos.

Para este artículo es necesario interpretar la guía como metodología, por lo tanto el proceso de gestión de proyectos se organiza en 5 grupos de procesos así: Inicio, Planificación, Ejecución, Seguimiento y Control, y Cierre del proyecto.

Cada grupo esta compuesto de una serie de procesos de las diferentes áreas de conocimiento así:

Procesos de Inicio

1. Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto
2. Identificar a los interesados
3. Procesos de Planificación
4. Desarrollar el plan para la dirección del proyecto
5. Recopilar requisitos
6. Definir el alcance
7. Crear la EDT
8. Definir las actividades
9. Secuenciar las actividades
10. Estimar los recursos de las actividades
11. Estimar la duración de las actividades
12. Desarrollar el cronograma
13. Estimar costos
14. Determinar el presupuesto
15. Planificar la calidad
16. Desarrollar el plan de recursos humanos
17. Planificar las comunicaciones
18. Planificar la gestión de riesgos

19. Identificar riesgos
20. Realizar análisis cualitativo de riesgos
21. Realizar análisis cuantitativo de riesgos
22. Planificar la respuesta a los riesgos
23. Planificar las adquisiciones

Procesos de Ejecución

1. Dirigir y gestionar la ejecución del proyecto
2. Realizar aseguramiento de calidad
3. Adquirir el equipo del proyecto
4. Desarrollar el equipo del proyecto
5. Dirigir el equipo del proyecto
6. Gestionar las expectativas de los interesados
7. Efectuar adquisiciones

Procesos de Seguimiento y Control

1. Dar seguimiento y controlar el trabajo del proyecto
2. Realizar control integrado de cambios
3. Verificar el alcance
4. Controlar el alcance
5. Controlar el cronograma
6. Controlar costos
7. Realizar control de calidad
8. Informar el desempeño
9. Dar seguimiento y controlar los riesgos
10. Administrar las adquisiciones

Grupo de Procesos de Cierre

1. Cerrar el proyecto o fase
2. Cerrar las adquisiciones

Estos 42 procesos agrupan en su totalidad las actividades de gestión necesarias en cualquier proyecto. De igual manera son necesarias herramientas técnicas y procedimientos para llevar a buen término cada uno de dichos procesos.

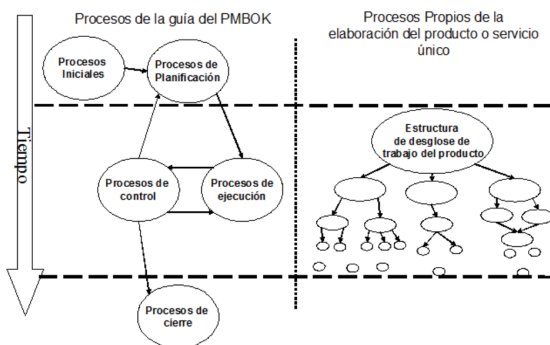


Figura 13. Procesos de gestión y procesos propios del producto

En la figura 13 se puede observar la relación temporal entre los procesos de gestión de la guía del PMBOK® y los procesos propios de la construcción del producto o servicio único dentro de un proyecto. Esto indica que los procesos de inicio y planificación son ejecutados antes que los procesos propios del producto. Una vez terminada la planeación se inicia con las actividades propias del producto en paralelo con los procesos de gestión de ejecución y seguimiento y control. Y Finalmente al culminar estos procesos, se continúa con los procesos de cierre del proyecto.

Existen productos para los cuales se requiere de una planificación iterativa, en ciclos de refinamiento, y que a medida que avanza la construcción del producto se requiere de ajustes permanentes en la planificación. Para este tipo de proyectos es conveniente la descomposición en fases a las cuales se les aplicaría recursivamente los 42 procesos de gestión, es decir que cada fase se consideraría un proyecto por si misma.

IV. MODELO DE INTEGRACIÓN

Para lograr la integración entre las actividades de gestión que definen los procesos de la guía del PMBOK®, con las actividades técnicas de desarrollo de software, es necesario hacer una representación conjunta.

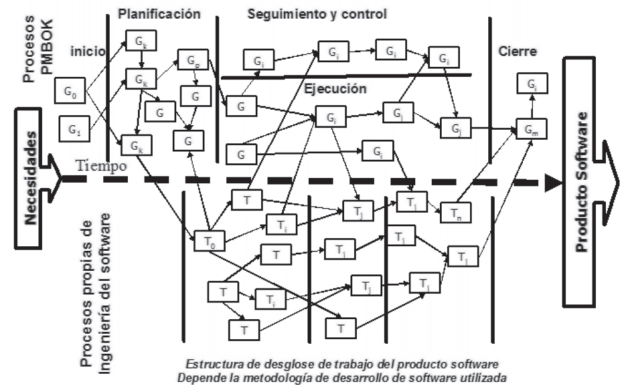


Figura 14. Estructura integrada de un proyecto de desarrollo de software

La figura 14 representa un proyecto de desarrollo de software, en el cual se ha utilizado la guía del PMBOK® para dirigir el proyecto. Nótese que las actividades propias del producto, representadas por una T, se ejecutan una vez terminados los procesos de inicio y de planificación. Sin embargo existe un leve solapamiento entre las primeras actividades técnicas y las actividades de planificación, esto se debe a que buena parte de los procesos de planificación dependen de la actividad técnica de captura de requerimientos.

La captura de requerimientos iniciales, debe ser desarrollada en paralelo a la planificación de alcance, la cual contempla asuntos como la decisión del número de iteraciones que se

requieren para construir un producto software, dado que la mayoría de metodologías de desarrollo de software son iterativas e incrementales. Solo en el caso de una metodología tipo cascada, los procesos técnicos se iniciarían una vez terminado el total del proceso de planificación.

En consecuencia en este artículo se propone como estrategia de integración, la identificación y clasificación de las actividades (en actividades técnicas y de gestión) propuestas por una metodología de desarrollo de software, en particular. Posterior a dicha acción es necesario tomar decisiones sobre la eliminación o sustitución de las actividades de gestión por las actividades propuestas por los procesos de la guía del PMBOK®. En caso de no sustituirse la actividad, debe ubicarse en alguno de los procesos de gestión del PMBOK®.

Nótese también que las actividades técnicas y de gestión, tiene relaciones de precedencia unas con otras, es decir que la realización de algunas actividades de gestión, dependen de algunas actividades técnicas y viceversa.

Por otro lado, dentro de los procesos de gestión de alcance, está la creación de la estructura de división del trabajo (EDT), para lo cual se cuenta con los procesos definidos por la metodología de desarrollo utilizada. Esta estructura de desglose de trabajo se puede generalizar para cada metodología, por lo que en este trabajo se presentan estas estructuras para algunas de las metodologías.

En dos proyectos que utilicen la misma metodología iterativa, la EDT, tan solo es diferenciada por el número de iteraciones.

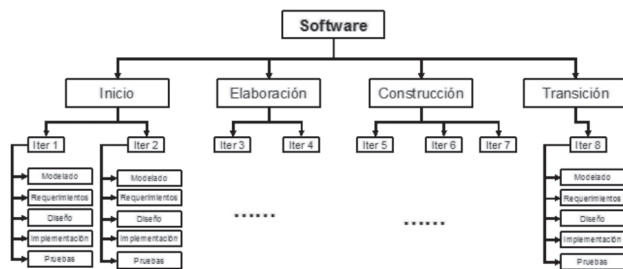


Figura 15. EDT para un proyecto con RUP

La figura 15 muestra una EDT genérica para proyectos de desarrollo con RUP. Es de notar que dentro de los flujos de cada iteración no se encuentran los flujos de soporte, dado que las actividades de gestión corresponden a las definidas por el PMBOK®.

Para proyectos grandes, será necesario considerar cada fase (inicio, elaboración, construcción y transición) como proyectos separados, de tal forma a cada una de dichas fases se le aplique los 42 procesos de la guía.

En la figura 16 se puede observar de manera integral un proyecto dirigido por las recomendaciones de la guía del PMBOK® y desarrollado con la metodología RUP.

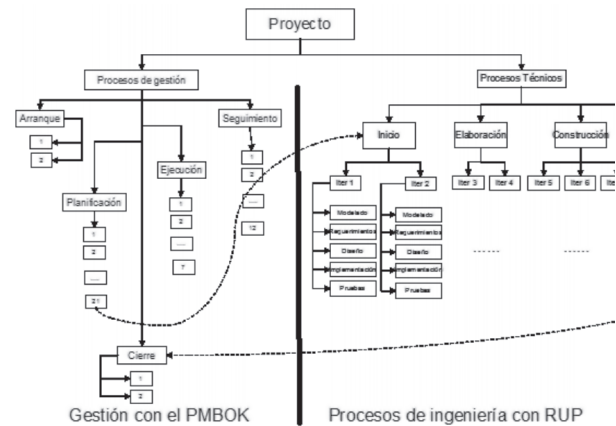


Figura 16. Estructura de desglose de trabajo del proyecto

Las líneas punteadas en la figura 16 representan la dependencia de las actividades técnicas, respecto a las actividades de gestión, es decir que estas solo iniciaran una vez se planifique el proyecto. En la realidad es probable que algunas actividades de planificación se solapen con las actividades técnicas de la primera iteración, debido a que en el desarrollo de software, lo más común es que los requerimientos sean imprecisos y cambiantes durante las primeras fases del proyecto.

Cuando la metodología a utilizar sea Crystal Clear, es necesario definir la estructura de desglose de trabajo del producto de acuerdo a los ciclos de entrega, iteración e integración. Esto se puede representar en la figura 17.

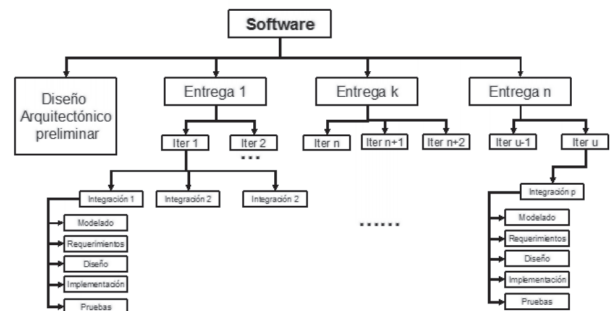


Figura 17. EDT para un proyecto con Crystal Clear

Es probable que las actividades técnicas que conforman el paquete denominado “diseño arquitectónico preliminar”, se ejecuten en paralelo con los procesos de gestión del grupo de procesos de planificación, pues es necesario para el plan de gestión y específicamente para el proceso de creación del EDT, dado que estas actividades facilitan la estimación del número entregas y su duración, el número de iteraciones por entrega, y el número de integraciones por iteración.

Para un proyecto con XP, se puede utilizar como plantilla para el EDT, la siguiente estructura

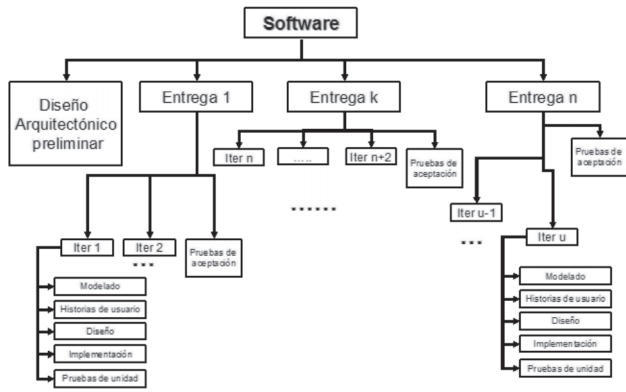


Figura 18. EDT para un proyecto con XP

El paquete de actividades rotulado como “diseño arquitectónico preliminar”, debe ser ejecutado en paralelo o previamente a las actividades de planificación dado que estas actividades dependen de la planificación de pequeñas entregas y del número de iteraciones por cada entrega.

Debido a que en XP las entregas deben ser pequeñas y frecuentes, las duraciones de las iteraciones que conforman la entrega, debe ser de igual manera cortas, por lo que es probable que en la EDT no sea necesario definir los paquetes de actividades de ultimo nivel, por lo tanto la descomposición solo llegaría a las iteraciones, sabiendo que en cada iteración se realizan una o varias actividades relacionadas con modelado, redacción y procesamiento de historias de usuario, diseño, implementación, pruebas de unidad y pruebas de aceptación.

En los proyectos desarrollados con SCRUM, difícilmente se identifican las actividades técnicas, pues realmente no es una metodología de desarrollo de software, sino una metodología de dirección de proyectos de software.

Sin embargo se puede deducir a partir de su proceso, el EDT, sobre el cual estarán organizadas las actividades técnicas.

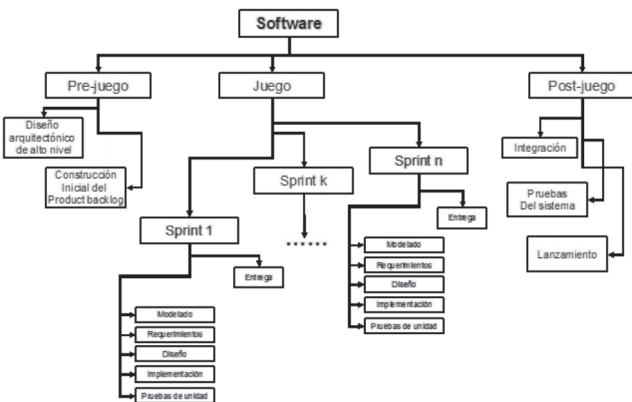


Figura 19. EDT para un proyecto con SCRUM

En la figura 19 se pueden observar las tres grandes fases por las cuales pasa un proyecto con SCRUM[4][13], el prejuego,

que permite definir todos los artefactos a construir durante el juego, el juego que se compone de iteraciones llamadas Sprint, en los cuales se concentra la mayor parte de las actividades típicas de desarrollo de software, y el postjuego que facilita la integración de los productos generados en cada sprint, para finalmente pasar a la entrega o lanzamiento.

V. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Los proyectos de desarrollo de software están formados estructuralmente por actividades técnicas y actividades de gestión. La primera categoría de actividades se pueden desarrollar de acuerdo a las diferentes metodologías de desarrollo propuestas por la ingeniería del software. Las actividades de gestión presentan el problema que no son lo suficientemente detalladas en los procesos de gestión de proyectos de software, sin embargo en el trabajo propuesto se ofrece una serie de recomendaciones que se pueden utilizar, en los procesos de gestión de proyectos de software dependiendo de la metodología de desarrollo utilizada. Principalmente estas recomendaciones están dadas en términos de EDTs para cada metodología de desarrollo de software.

Los procesos descritos por la guía del PMBOK® son genéricos, lo cual implica que en la adaptación a proyectos de desarrollo de software, solo se utilice un subgrupo de los procesos primarios de acuerdo a las necesidades y alcance que vaya a suplir el proyecto.

Las actividades de gestión incluyen la planificación del alcance del proyecto de software, dentro de este grupo de procesos está la construcción de la estructura de desglose del trabajo EDT. La EDT se constituye en uno de los factores críticos de éxito para la gestión del proyecto de software debido a que a partir de ella se emprenden gran parte de los procesos de gestión, como es la estimación de costos, presupuesto de costos, gestión de personal, gestión de riesgos entre otros.

Para la construcción de la EDT se pueden considerar dos enfoques: El primer enfoque basado en la gestión integral del proyecto de software y el segundo enfoque basado en la gestión del producto software. Las plantillas sugeridas en este trabajo, están basados en el primer enfoque, sin embargo, se pueden sugerir otro tipo de plantillas basados en la descomposición secuencial del producto final en subproductos. La descomposición de los paquetes propuestos en la EDT en las actividades puntuales se debe realizar según las practicas de ingeniería del software propias de cada organización y según las particularidades del proyecto a abordar.

Como trabajo futuro se propone el diseño de plantillas de EDT teniendo como enfoques la orientación a productos de acuerdo a cada una de las metodologías de desarrollo de software.

BIBLIOGRAFÍA

- [1]Beck, Kent; traducido por Zapata Martínez, Francisco Javier, Una explicación de la programación extrema: aceptar el cambio, 1ª ed, Madrid; Addison-Wesley Iberoamericana España, S.A., 2001
- [2]Cockburn Alistair; Agile software development; Addison-Wesley; 2002.
- [3]Cockburn Alistair; Selecting a Project's Methodology; Humans and Technology; IEEE Software; July/August 2000
- [4]Cohen, David; Mikael Lindvall and Patricia Costa; Agile Software Development A DACS State-of-the-Art Report, Produced by Fraunhofer Center for Experimental Software Engineering Maryland and The University of Maryland; January 2003.
- [5]Fowler, Martin; The New Methodology; Traducing: Alejandro Sierra, March /April 2003.
- [6]Highsmith Jim; Adaptive software development: a collaborative approach to management complex systems; Dorset House, 2000.
- [7]Highsmith Jim; Agile Project Management; 2003.
- [8]IEEE standard Glossary of Software Engineering Terminology; IEEE Std 610.12-1990; sponsor Standards Coodinating Committee of Computers Society of the IEEE; Approved September 28, 1990.
- [9]Jacobson, Ivar. Booch, Grady. Rumbaugh, James. The Unified Software Development Process, Ed. Addison Wesley, 1999.
- [10]Larman, Craig; Agile & Iterative development, A manager's guide; agile software development series, Alistair Cockburn and Jim Highsmith, Series Editors; Addison Wesley, 2003.
- [11]McConnell Steve, Desarrollo y gestión de proyectos informáticos, Microsoft Press, Mc Graw Hill,1996
- [12]PMI. Project Management Institute, Inc. Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos. Guía del PMBOK. Cuarta Edición.2009.
- [13]Schwaber K.; The SCRUM development process; OOPSLA'95 workshop on business object design and implementation. Austin, USA, 1995
- [14]The Institute of Electical and Electronics Engineers, Inc. IEEE Computer Society. Guide to the Software Engineering Body Of Knowledge. 2004 Version.
- [15]Wells, J. Donovan; www.ExtremeProgramming.org, web oficial de programación extrema; <http://www.programacionextrema.org/>; visitado en octubre de 2010
- [16] Crystal Clear, A Human-Powered Methodology for Small Teams, Alistair Cockburn, October 2004, pages 336, paperback, Addison-Wesley Professional, ISBN 0-201-69947-8.

Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín

Facultad de Minas



Escuela de Ingeniería de Sistemas

Grupos de Investigación

Grupo de Investigación en Sistemas e Informática

Categoría A de Excelencia Colciencias
2004 - 2006 y 2000.

GIDIA: Grupo de Investigación y Desarrollo en Inteligencia Artificial

Categoría A de Excelencia Colciencias
2006 - 2009.



Grupo de Ingeniería de Software

Categoría C Colciencias 2006.

Grupo de Finanzas Computacionales

Categoría C Colciencias 2006.

Centro de Excelencia en Complejidad

Colciencias 2006

Escuela de Ingeniería de Sistemas
Dirección Postal:
Carrera 80 No. 65 - 223 Bloque M8A
Facultad de Minas, Medellín - Colombia
Tel: (574) 4255350 Fax: (574) 4255365
Email: esistema@unalmed.edu.co
<http://pisis.unalmed.edu.co/>

